

## PENENTUAN MASA KADALUARSA PRODUK BUBUR BEKATUL INSTAN DENGAN METODE ACCELERATED SHELF LIFE TEST

### *The Determination of Instant Rice Bran Porridge Shelf Life Using the Accelerated Shelf Life Test Method*

Noor Mansurya Utami, Saifuddin Sirajuddin, Ulfah Najamuddin  
Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin  
(noormansurya@gmail.com)

#### ABSTRAK

Salah satu produk olahan bekatul adalah bubur bekatul instan. Secara alamiah produk pangan akan mengalami penurunan mutu seiring dengan bertambahnya waktu sehingga ada batas waktu, yakni suatu produk menjadi tidak diterima (masa kadaluarsa). Penelitian ini bertujuan mengetahui masa kadaluarsa dengan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) berdasarkan pendekatan *Arrhenius* pada produk bubur bekatul instan. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian *experiment* dengan desain *post test only control design*. Pada penelitian ini, ada dua formula produk bubur bekatul instan. Formula I terbuat dari bekatul saja, Formula II terbuat dari bekatul ditambahkan tepung maizena, bubuk kayu manis dan susu bubuk *low fat*. Kedua Formula ini disimpan pada suhu 25°C, 35°C dan 45°C selama 14 hari untuk perhitungan Kadar FFA. Untuk Kadar Air dan Total Mikroba Kedua Formula ini disimpan pada suhu 25°C dan 35°C selama 14 hari. Penelitian dilakukan pada dua tahap, yaitu pembuatan formula bubur bekatul instan dan analisis kadar air, total mikroba dan kadar FFA pada tiap formula produk bubur bekatul instan. Analisis data dilakukan dengan metode regresi linear mengikuti model *Arrhenius*. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa masa simpan paling lama pada suhu ruang masa simpan Formula I selama 316 hari dan Formula II selama 327 hari.

**Kata kunci :** Bekatul, masa kadaluarsa, metode ASLT

#### ABSTRACT

One example of bran processed products is instant rice bran porridge. Naturally the quality of food products will decline along with increasing time so that there is a time limit in which a product can be consumed (shelf life). This research aims to identify the shelf life of the instant rice bran porridge by using *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) method based on *Arrhenius* approach. The type of research conducted was experimental research with *post test only control design*. In this research, there were two instant rice bran formulas. Formula I is made from bran only, Formula II is made from Bran added with corn flour, cinnamon powder and low fat milk powder. Both formulas were stored at the temperatures of 25°C, 35°C and 45°C for 14 days to calculate the Free Fatty Acid (FFA) concentrations. To calculate the Water Content and number of microbes, both formulas were stored at the temperatures of 25°C and 35°C for 14 days. This research was conducted in two phases, namely the making of instant rice bran porridge formula and analysis of water content, microbe total and FFA levels on each formula of instant rice bran porridge. The data analysis was done by using the linear regression method following the *Arrhenius* model. Based on the research results, it was concluded that the longest shelf life in room temperature for both formulas was Formula I for 316 days and Formula II for 327 days.

**Keywords :** Bran, shelf life, ASLT methods

## PENDAHULUAN

Salah satu bahan makanan yang memiliki kandungan serat tinggi adalah bekatul. Kandungan serat pada setiap 100 gram bekatul sebesar 7-11 gram. Kandungan serat yang tinggi dalam bekatul memiliki peluang untuk dimanfaatkan sebagai produk yang mengandung serat.<sup>1</sup>

Dari segi gizi, bekatul merupakan bagian yang menghasilkan energi, kaya akan serat, serta mengandung protein tertinggi, bahkan mengandung asam amino lisin yang lebih tinggi dibandingkan beras. Komponen bioaktif ini bersifat sebagai antioksidan dan memberikan manfaat bagi kesehatan manusia. Serat pangan dan senyawa antioksidan dalam bekatul berguna antara lain sebagai zat hipokolesterolemik atau dapat menurunkan kadar kolesterol darah, mencegah terjadinya kanker, dan memperlancar sekresi hormonal.<sup>2</sup>

Bekatul dapat diolah lebih lanjut menjadi tepung bekatul. Tepung bekatul dapat digunakan sebagai bahan substitusi tepung terigu dalam pembuatan roti, *cookies*, dan *breakfast cereal*. Tepung bekatul juga dapat dijadikan minuman kesehatan yang mampu menurunkan kolesterol darah.<sup>3</sup> Bubur instan merupakan bubur yang telah mengalami proses pengolahan lebih lanjut sehingga dalam penyajiannya tidak diperlukan proses pemasakan. Penyajian bubur instan dapat dilakukan hanya dengan menambahkan air panas ataupun susu, sesuai dengan selera.<sup>4</sup>

Pengolahan pangan pada industri komersial umumnya bertujuan memperpanjang masa simpan, mengubah atau meningkatkan karakteristik produk (warna, cita rasa, tekstur), mempermudah penanganan dan distribusi, memberikan lebih banyak pilihan dan ragam produk pangan di pasaran, meningkatkan nilai ekonomis bahan baku, serta mempertahankan atau meningkatkan mutu, terutama mutu gizi, daya cerna, dan ketersediaan gizi. Kriteria atau komponen mutu yang penting pada komoditas pangan adalah keamanan, kesehatan, flavor, tekstur, warna, umur simpan, kemudahan, kehalalan, dan harga.<sup>5</sup> Demi menjamin keamanan mengonsumsi produk bubur bekatul instan maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui masa kadaluarsa dari produk bubur bekatul instan.

Informasi umur simpan merupakan salah satu informasi yang wajib dicantumkan oleh produsen pada kemasan produk pangan. Pencantuman informasi umur simpan menjadi sangat penting karena terkait dengan keamanan produk pangan tersebut dan untuk menghindari pengonsumsi pada saat kondisi produk sudah tidak layak dikonsumsi. Kewajiban produsen untuk mencantumkan informasi umur simpan ini telah diatur oleh pemerintah dalam UU Pangan tahun 1996 serta PP Nomor 69 tahun 1999 tentang Label dan Iklan Pangan, setiap industri pangan wajib mencantumkan tanggal kadaluarsa (umur simpan) pada setiap kemasan produk pangan.<sup>6</sup>

Floros menyatakan bahwa umur simpan produk dapat diduga melalui 2 metode, yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS). ESS sering disebut sebagai metode konvensional, yaitu penentuan masa kadaluarsa dengan menyimpan suatu produk pada kondisi normal. Penentuan umur simpan produk dengan metode ASS atau sering disebut dengan ASLT dilakukan dengan menggunakan parameter kondisi lingkungan yang dapat mempercepat proses penurunan mutu (*usable quality*) produk pangan.<sup>7</sup>

Labuza menyatakan bahwa penilaian umur simpan dapat dilakukan pada kondisi dipercepat (*Accelerated Shelf Life Test/ASLT*) yang mampu memprediksi umur simpan produk. Metode ini dilakukan dengan mengkondisikan bahan pangan pada suhu dan kelembaban relatif tinggi. Penentuan umur simpan metode Arrhenius termasuk kedalam metode akselerasi ini.<sup>8</sup>

Pada metode ASLT, suhu merupakan parameter kunci penentu kerusakan karena semakin meningkatnya suhu maka reaksi kerusakan akan semakin cepat. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu 25°C, 35°C dan 45°C. Parameter utama yang digunakan adalah parameter yang dianggap paling mempengaruhi kemunduran mutu produk, yaitu kadar air, total mikroba dan kadar *Free Fatty Acid* (FFA). Kadar FFA dipilih sebagai parameter untuk menentukan masa kadaluarsa produk bubur bekatul instan. Nilai Kadar FFA Produk kemudian diplotkan pada model Arrhenius sehingga diperoleh  $\ln k = \ln k_0 - (E/R) (1/T)$ . dari persamaan ini akan diperoleh nilai

masing-masing energi aktivasinya ( $E_a$ ). Selanjutnya penentuan umur simpan dihitung dengan kinetika reaksi berdasarkan orde reaksi.<sup>9</sup> Adapun tujuan penelitian adalah untuk menghitung masa kadaluarsa produk bubur bekatul instan dengan parameter, yaitu kadar air, nilai FFA, total mikroba.

## BAHAN DAN METODE

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Kuliner Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin untuk pembuatan sampel produk bubur bekatul instan, Laboratorium Kimia Biofisik Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Laboratorium Kimia Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin dan Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin untuk analisis masa kadaluarsa.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian *experiment* dengan *desain post test only control design*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan analisa laboratorium, menggunakan tiga perlakuan masing-masing formulasi. Penelitian dilakukan pada dua tahap yaitu dilakukan pembuatan dua formula produk bubur bekatul instan berdasarkan hasil trial and error dan analisis total mikroba dan kadar air pada suhu penyimpanan 25°C dan 35°C dan analisis kadar *Free Fatty Acid* (FFA). Variabel dalam penelitian ini adalah kedua formula produk bubur bekatul instan sebagai variabel dependen dan kadar air, total mikroba serta kadar FFA sebagai variabel independen.

Populasi dalam penelitian ini adalah produk bubur bekatul instan. Sampel dalam penelitian ini adalah kedua formula produk bubur bekatul instan. Sampel ditarik berdasarkan formulasi produk bubur bekatul instan dari penggilingan padi yang ditarik menggunakan teknik *random sampling*. Formula yang dimaksud adalah

Formula I dengan bahan baku bekatul saja. Formula II dengan bahan baku bekatul ditambahkan tepung maizena, bubuk kayu manis dan susu bubuk *low fat*. Penentuan masa simpan menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*) dengan model *Arrhenius*. Data energi aktivasi, tetapan laju pembentukan % FFA dan masa kadaluarsa ditentukan dengan metode regresi linear mengikuti model *Arrhenius* dan dianalisis menggunakan analisis deskriptif.

## HASIL

Pada pembuatan bubur bekatul instan ini, bahan-bahan yang digunakan adalah bekatul, tepung maizena, kayu manis, dan susu bubuk *low fat* dengan lima formula. Formula I sebagai kontrol yaitu 30 gr bekatul tanpa tambahan atau bekatul original. Formula II, yaitu 20 gr bekatul yang ditambahkan 10 gr tepung maizena. Formula III 15 gr bekatul yang ditambahkan 10 gr tepung maizena dan 5 gr kayu manis. Formula IV, yaitu 15 gr bekatul yang ditambahkan 5 gr tepung maizena dan 10 gr susu bubuk *low fat*. Sedangkan formula V, yaitu 10 gr bekatul yang ditambahkan 5 gr tepung maizena, 5 gr kayu manis, dan 10 gr susu bubuk *low fat*.

Formula I yang disimpan pada suhu 25°C dan inkubator suhu 35°C mulai dari penyimpanan hari ke-0 hingga pengukuran kadar air penyimpanan hari ke-14 berturut-turut, yaitu untuk penyimpanan suhu 25°C, yaitu 4,34% ke 6,51%. Untuk penyimpanan di inkubator suhu 35°C yaitu 2,37% ke 5,96%. Formula II yang disimpan pada suhu 25°C dan inkubator suhu 35°C mulai dari penyimpanan hari ke-0 hingga pengukuran kadar air penyimpanan hari ke-14 berturut-turut, yaitu untuk penyimpanan suhu 25°C, yaitu 0,52% ke 5,13%. Untuk penyimpanan di inkubator suhu 35°C, yaitu 2,75% ke 5,93%.

Formula I yang disimpan pada suhu 25°C dan inkubator suhu 35°C mulai dari penyimpanan

**Tabel 1. Parameter Arrhenius Perubahan Kadar FFA Formula I**

T (°C)	T (K)	1/T	K	ln K	Masa Kadaluaarsa
25	298	0.003356	0.00518	-5.2630	316
35	308	0.003247	0.00551	-5.2012	286
45	318	0.003145	0.00328	-5.7199	271

Sumber : Data Primer, 2014

**Tabel 2. Parameter Arrhenius Perubahan Kadar FFA Formula 2**

T (°C)	T (K)	1/T	K	ln K	Masa Kadaluausa
25	298	0.003356	0.0018	-8.62255	327
35	308	0.003247	0.00299	-6.77673	290
45	318	0.003145	0.00125	-6.72543	320

Sumber : Data Primer, 2014

hari ke-0 hingga pengukuran total mikroba penyimpanan hari ke-14 berturut-turut, yaitu untuk penyimpanan suhu 25°C, yaitu 1,83 x 104 CFU/g ke 5,13 CFU/g. Untuk penyimpanan di inkubator suhu 35°C, yaitu 1,205 x 104 CFU/g ke 4,035 x 104 CFU/g (Data terlampir). Formula II yang disimpan pada suhu 25°C dan inkubator suhu 35°C mulai dari penyimpanan hari ke-0 hingga pengukuran total mikroba penyimpanan hari ke-14 berturut-turut, yaitu untuk penyimpanan suhu 25°C, yaitu 2,5 x 102 CFU/g ke 5,5 x 102 CFU/g. Untuk penyimpanan di inkubator suhu 35°C, yaitu 3,1 x 103 CFU/g ke 3,6 x 103 CFU/g.

Formula I yang disimpan di suhu ±25°C mengalami peningkatan dari hari ke-0, yaitu 1,77% menjadi 3,41% di hari ke-14. Untuk Formula I yang disimpan di inkubator suhu ±35°C mengalami peningkatan dari hari ke-0, yaitu 1,84% menjadi 3,42% di hari ke-14. Sedangkan untuk Formula I yang disimpan di Inkubator 45°C mengalami peningkatan dari hari ke-0 yaitu 2,76% menjadi 3,65% di hari ke-14. Formula II yang disimpan di suhu ±25°C mengalami peningkatan dari hari ke-0, yaitu 1,59% menjadi 2,18% di hari ke-14. Untuk Formula II yang disimpan di Inkubator suhu ±35°C mengalami peningkatan dari hari ke-0, yaitu 1,46% menjadi 2,33% di hari ke-14. Sedangkan untuk Formula II yang disimpan di Inkubator 45°C mengalami peningkatan dari hari ke-0, yaitu 1,78% menjadi 2,18% di hari ke-14.

Berdasarkan perhitungan Kadar FFA untuk menentukan masa kadaluarsa Formula I suhu penyimpanan adalah suhu 25°C=316 hari, suhu 35°C=286 hari, suhu 45°C=271 hari (Tabel 1). Berdasarkan perhitungan Kadar FFA untuk menentukan masa kadaluarsa Formula II suhu penyimpanan adalah suhu 25°C=327 hari, suhu 35°C=290 hari, suhu 45°C=320 hari (Tabel 2).

## PEMBAHASAN

Formulasi produk dilakukan secara *trial and error* untuk menentukan formulasi yang secara organoleptik disukai oleh konsumen. Resep pembuatan bubur bekatul instan didasarkan pada modifikasi dari berbagai sumber penelitian dan jurnal. Setelah melakukan percobaan beberapa kali, kami menyimpulkan resep untuk membuat bubur bekatul instan, yaitu setelah mendapatkan bekatul yang masih segar dari penggilingan, bekatul kemudian disangrai di atas api kecil sampai matang (±30 menit). Menurut Widowati, salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan simpan bekatul yang sudah dilakukan sejak zaman dahulu adalah dengan teknik penyangraian. Cara ini sangat mudah, yaitu bekatul ditempatkan pada penggorengan, lalu dipanaskan langsung (tanpa minyak goreng), sambil diaduk sekitar 10 menit kemudian diayak halus. Kelemahan cara ini adalah bekatul menjadi berwarna coklat tua dan kadang-kadang terasa hangus. Setelah itu, diayak dengan ayakan 60 *mesh* agar didapatkan tekstur yang halus kemudian dicampurkan dengan bahan-bahan sesuai dengan formula yang telah ditentukan dengan cara diblender kemudian dipanaskan di oven selama 15 menit dengan suhu 125°C.<sup>10</sup> Pada proses pembuatan bubur ini dilakukan beberapa kali pemanasan agar didapatkan bekatul yang terstabilisasi. Stabilisasi bekatul merupakan salah satu usaha pencegahan agar kandungan lemak pada bekatul tidak mengalami ketengikan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan bahan pangan yang dikemas adalah keadaan alamiah atau sifat makanan dan mekanisme berlangsungnya perubahan, misalnya kepekaan terhadap air dan oksigen dan kemungkinan terjadinya perubahan kimia internal dan fisik, ukuran kemasan dalam hubungannya dengan volume, kondisi atmosfer, terutama suhu dan kelembaban dimana kemasan dapat bertahan

selama transit dan sebelum digunakan, serta kemasan keseluruhan terhadap keluar masuknya air, gas, dan bau termasuk perekatan, penutupan, dan bagian-bagian yang terlipat.

Berdasarkan hasil laboratorium untuk analisa kadar air, terjadi peningkatan kadar air semua formula dari hari ke-0 sampai hari ke-14. Berdasarkan hasil penelitian Wijaya Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka tingkat kenaikan kadar air produk juga akan semakin tinggi. Naiknya kadar air dapat disebabkan adanya permeabilitas bahan kemasan produk terhadap uap air, sifat bahan-bahan yang terdapat pada produk bubur bekatul instan yang higroskopis sehingga cenderung mengadsorpsi uap air dari udara, dan tingkat kelembaban udara lingkungan terhadap produk.<sup>11</sup>

Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui jumlah total mikroba yang terdapat pada tiap formula mengalami peningkatan selama masa penyimpanan. Berdasarkan penelitian Wijaya peningkatan jumlah mikroorganisme yang tumbuh selama masa penyimpanan dapat diakibatkan karena adanya kenaikan kadar air pada produk. Kenaikan kadar air akan meningkatkan nilai aw produk. Pada nilai aw yang cocok, mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang biak. Peningkatan jumlah mikroba pada produk tiap formula berbeda-beda selama masa penyimpanan.<sup>11</sup> Peningkatan jumlah terbesar terjadi pada produk bubur bekatul instan yang disimpan pada suhu 35°C, sedangkan peningkatan jumlah mikroba terkecil terjadi pada produk bubur bekatul instan yang disimpan pada suhu 25°C.

Berdasarkan hasil laboratorium didapatkan hasil terjadi peningkatan kadar FFA selama penyimpanan di berbagai suhu penyimpanan. Sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hadepernata bahwa ketengikan hidrolisis merupakan akibat reaksi antara bahan dengan air. Pada penyimpanan terlalu lama dimana terjadi kenaikan kandungan air biasanya terjadi ketengikan hidrolisis, akan tetapi ketengikan ini tidak selamanya terjadi bersamaan dengan ketengikan yang lain. Hidrolisis yang diakibatkan oleh reaksi antara lipase dan minyak di dalam dedak padi menghasilkan asam lemak bebas. Kadar asam lemak bebas semakin meningkat seiring dengan

bertambahnya waktu penyimpanan yaitu sebelum penyimpanan 16,5 % dan setelah dua bulan penyimpanan 80,7 %. Sedangkan ketengikan oksidatif merupakan reaksi *autocatalytic*, laju reaksi meningkat sejalan dengan meningkatnya waktu penyimpanan. Hal ini disebabkan adanya hasil oksidasi awal yang dapat mempercepat reaksi oksidasi selanjutnya, dan reaksi ini dikenal sebagai reaksi berantai.<sup>12</sup>

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan bahwa penyimpanan kedua formula yang paling lama masa kadaluarsanya berdasarkan Suhu Penyimpanan adalah pada suhu 25°C, yakni rata-rata 311 hari. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Purnomo, dkk mengenai masa simpan bekatul terstabilisasi bahwa masa simpan bekatul sampai 394,54 hari pada suhu penyimpanan  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .<sup>13</sup>

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan masa kadaluarsa produk bubur bekatul instan, maka dapat disimpulkan bahwa masa simpan paling lama kedua produk bubur bekatul instan pada penyimpanan suhu 25°C masa simpan Formula I selama 316 hari dan Formula II selama 327 hari. Penelitian ini merekomendasikan kepada masyarakat untuk memperhatikan penyimpanan produk bubur bekatul instan pada penyimpanan suhu ruang untuk menjaga kualitas mutu bahan. Serta merekomendasikan penelitian lanjutan mengenai memperpanjang waktu pengukuran penyimpanan kedua produk tersebut di suhu yang berbeda-beda dan meneliti kandungan bakteri patogen yang terdapat pada produk tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Jubaidah, U. Variasi Penambahan Bekatul pada Es Krim Dilihat dari Kadar Serat, Sifat Organoleptik dan Daya Terima [Karya Tulis Ilmiah]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta; 2008.
2. Kahlon, T. S, A. A. Bethsart, C. Chiu, dan Saunders. Effect of Rice Bran and Cholesterol in Hamster. Di dalam. Champagne, E. T. (Ed). Rice Chemistry and Technology 3th edition. St. Paul: American Association of

- Cereal Chemists. Inc; 1994.
3. Swastika, D.N. Stabilisasi Tepung Bekatul Melalui Metode Pengukusan dan Pengeringan Rak Serta Pendugaan Umur Simpannya [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor; 2009.
  4. Fellow, P.J., dan Ellis. Food Processing Technology Principles and Practice. London: Ellis Horwood; 1992.
  5. Andarwulan, N. dan P. Hariyadi. Perubahan Mutu (Fisik, Kimia, Mikrobiologi) Produk Pangan selama Pengolahan dan Penyimpanan Produk Pangan. Pelatihan Pendugaan Waktu Kedaluwarsa (*Self Life*), Bogor, 1-2 Desember 2004. Pusat Studi Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. 2004.
  6. Target Produksi Beras 2010 66,8 juta Ton. [disitasi 14 Oktober 2010]. Dikutip dari, <http://solopos.co.id>. Diakses tanggal 10 Januari 2014.
  7. Floros, J.D. and V. Gnanasekharan. Shelf Life Prediction of Packaged Foods: Chemical, Biological, Physical, and Nutritional aspects. G. Chlaralambous (Ed.). London: Elsevier Publ; 1993.
  8. Labuza, T. P. Open Shelf Life Dating of Foods. Food Science and Nutrition Westport: Press. Inc; 1982.
  9. Syarif, R. dan Halid. Teknologi Penyimpanan Pangan. Pusat Studi Antar Universitas IPB, Bogor. 1993.
  10. Widowati S, Azizah L, Sukarno, Damardjati D. Produksi Fitase dari *Bacillus coagulans* E.1.4.4. dan Aplikasinya Untuk Memperbaiki Gizi Bekatul. Bull Agribio 2000;4 (1):16-21.
  11. Wijaya, Christamam Herry. Pendugaan Umur Simpan Produk Kopi Instan Formula Merk-Z Dengan Metode Arrhenius. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor; 2007.
  12. Hadipernata, M, W. Supartono, M. A. F. Falah. Proses Stabilisasi Dedak Padi (*Oryza Sativa* L) Menggunakan Radiasi *Far Infra Red* (FIR) Sebagai Bahan Baku Minyak Pangan. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan 2012; 1 (4) : hal 105 – 106.
  13. Purnomo, Liem Oktaviani Putri, A. Ign Kristijanto, Yohanes Martono. Identifikasi Asam Lemak dan Penentuan Masa Simpan Bekatul Ditinjau dari Pengaruh Gelombang Mikro. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta. 18 Mei 2013. K-5.